

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS42 U.S. PTO
09/648372
08/25/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
in this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 8月26日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第239586号

願 人
Applicant(s):

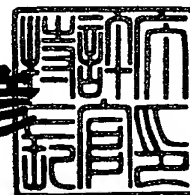
山本 昌宏

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 6月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3041914

【書類名】 特許願

【整理番号】 9967-P

【提出日】 平成11年 8月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 1/00
G03F 7/00
H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市宮前区土橋 4 - 1 1 - 4 パークヒルズ
鷺宮 3 0 4

【氏名】 山本 昌宏

【特許出願人】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市宮前区土橋 4 - 1 1 - 4 パークヒルズ
鷺宮 3 0 4

【氏名又は名称】 山本 昌宏

【代理人】

【識別番号】 100106220

【弁理士】

【氏名又は名称】 大竹 正悟

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 076876

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターン検査方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検査箇所を撮像して得られた検査対象画像データから振幅情報をもつエッジ画素を抽出し、これを許容パターン変形量相当の画素数分膨張させて検査画像を生成するとともに、この検査画像に対応する参照パターンからエッジ部分を抽出し、そして、該参照パターンエッジ部分に存在する前記検査画像の輝度総和をマッチング評価値とすることを特徴としたパターン検査方法。

【請求項 2】 検査箇所を撮像して得られた検査対象画像データから振幅情報をもつエッジ画素を抽出して検査画像を生成するとともに、この検査画像に対応する参照パターンからエッジ部分を抽出し、これを許容パターン変形量相当の画素数分膨張させ、そして、該膨張させた参照パターンエッジ部分に存在する前記検査画像の輝度総和をマッチング評価値とすることを特徴としたパターン検査方法。

【請求項 3】 マッチングされた参照パターンについて方向及び振幅情報をもつエッジ点列を生成し、検査対象画像データから得られるエッジ画素の方向及び振幅情報に基づいて、前記参照パターンエッジ点列に対し、許容パターン変形量内の領域にある前記検査対象画像データのエッジ画素を対応づけることによりパターン変形を検出する請求項 1 又は請求項 2 記載のパターン検査方法。

【請求項 4】 対応づけできなかった検査対象画像データのエッジ画素に基づき領域を再構成し、これを欠陥領域として認識する請求項 3 記載のパターン検査方法。

【請求項 5】 対応づけられた検査対象画像データのエッジ画素に基づき領域を構成し、その領域における画素輝度値の分布が非一様である部分を欠陥領域として認識する請求項 3 記載のパターン検査方法。

【請求項 6】 欠陥領域として認識された欠陥画素を塊りとして幾何学的特徴量を得る請求項 4 又は請求項 5 記載のパターン検査方法。

【請求項 7】 欠陥領域該当の画素輝度値から特徴量を求め、該特徴量により欠陥種を分析する請求項 4 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のパターン検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、設計データに従い作成されたパターンの検査方法、特に、ICや液晶パネルなどの微細パターン及びそのパターン作成用のマスク（レチクル）を検査するためのパターン検査方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン検査、あるいはそのパターン形成用のマスクのパターン検査には、通常、ダイ・ツー・ダイ(die to die)比較と呼ばれる方法を用いた光学式パターン検査装置が使われている。この検査方法は、検査対象のダイ（チップ、ペレット）とその近接ダイの同じ位置から得られる画像どうしを比較することで欠陥を見つける方法である。

【0003】

一方、近接ダイの存在しないレチクルと呼ばれるマスクの検査には、ダイ・ツー・データベース(die to database)比較と呼ばれる方法が採用されている。すなわち、CADデータ（設計データ）を画像フォーマットに変換して近接ダイの代わりとし、前述同様の検査をする方法が使われている。ただし、この手法では、ウェーハに形成された実際のパターンのコーナの丸み部分が欠陥として認識されてしまうので、その対策として、CADデータから得られた画像に丸みをもたせる前処理を行う方法などで回避している。当該技術は、たとえばKLA社の特開平8-76359号「自動フォトマスク検査装置及び方法」に記載されている。

【0004】

現在、マスクについては、CADデータに正確に一致する必要があるため、ダイ・ツー・データベース比較方式での検査が実用化されている。しかしながら、ウェーハに転写されたパターン（実パターン）は電気特性などが保証される範囲でパターン変形が許されており、実際に、ウェーハに転写された実パターンは露光条件の違いなどからパターン変形がかなりの程度発生している。このような状

況でダイ・ツー・データベース比較検査を行うと、不良と判断する必要のないパターン変形を欠陥として認識してしまい、逆に、そのような欠陥ではないパターン変形を無視する設定にすると微少欠陥を認識できないというジレンマがある。

【0005】

また、前述のダイ・ツー・ダイ比較方式のパターン検査方法では、システム欠陥とよばれる、マスク不良などを原因としてウェーハ上の全ダイにおいて共通に発生する欠陥につき、識別することができない。すなわち、検査対象のダイ及びその比較対象の近接ダイの両方に同じ欠陥が発生しているため、両者を比較したのでは違いがわからないからである。

【0006】

そこで、計算コストなどで問題があり実用化には至っていないが、CADデータとウェーハ画像とのマッチング検査が提案されている。たとえば、NEC技報 Vol. 50 No. 6/1997の「電子ビームテストを用いたロジックLSIの自動故障箇所トレース法」がある。この文献では、配線エッジのX、Y軸へのプロジェクションに寄り合わせる方法、配線コーナーに着目した方法、GAを応用した方法が記述されている。また、この文献で採用した方法として、エッジを直線近似した後に閉領域を抽出し、この閉領域を使うマッチング方法が説明されている。しかし、これらいずれの方法も高速検査に使用可能な速度を実現できず、さらに、パターンの変形量を検出しながらマッチングすることができない。

【0007】

また現在では、欠陥を含む画像（欠陥画像）とこれに対応した近接ダイの画像（リファレンス画像）との比較による自動欠陥種分類（Auto Defect Classification: ADC）が、欠陥の分類方法として発案されている。しかしながら、リファレンス画像の輝度むらなどが認識精度に影響し、また、パターンと欠陥の関係、たとえば短絡と欠損の区別などが困難な場合が多い。このため、自動欠陥種分類は実用段階に至っていない。

【0008】

ダイ・ツー・ダイ比較を用いた検査方法では、欠陥の位置について、検査装置のステージ精度及び光学系精度に起因する誤差をもっており、その誤差は配線パ

ターン幅より 1 0 倍程度以上大きい。これが原因で、形成したいパターン（設計パターン）に欠陥位置を投影しても、パターンの欠陥位置を正確に特定することができない。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

近年、集積回路のパターン幅は露光プロセスで使用する光源波長程度か、もしくはそれを下回るほどになってきており、このようなパターン形成には、光近接効果補正（Optical Proximity Correction：O P C）を使う方法が採用されている。これは、設計パターン（C A Dパターン）にO P Cを施したO P Cパターンをマスクに形成し、これにより露光することで、製造されるウェーハの実パターンを設計パターンにできるだけ近づける技術である。

【 0 0 1 0 】

O P Cが実パターンに実現されているかどうかは、従来のダイ・ツー・ダイ比較、ダイ・ツー・データベース比較のいずれの方法でも検査できない。したがって、その解決方法、たとえば実パターンと設計パターンとの比較検証を、許容パターン変形量を考慮して行える手法が求められている。

【 0 0 1 1 】

また、システムオンチップ（S O C）の多品種少量生産では、ロットが数ウェーハでかつ作り直す時間的余裕がない場合が多い。このような場合に、最終検査である電氣的検査でシステム欠陥を発見しても、納期的に間に合わないことがある。この対策として、露光プロセスの各段階で設計データとの差異をモニタする要求が発生している。そこで、電気特性に影響しないパターン変形を許容パターン変形量として設定しておき、該許容パターン変形量以内の変形を考慮しながら設計データと実パターンの比較検証を行えるような検査方法が求められる。

【 0 0 1 2 】

さらに、得られた欠陥の分類方法についても、画像の輝度むらなどに影響されにくい、より高精度の自動欠陥種分類方法が求められており、加えて、欠陥とパターンとの正確な相関関係を特定し、パターンへの致命的欠陥とそうでない欠陥との分類を行えるような手法が求められている。

【0013】

また現在では、パターン変形の評価として、リソシミュレータなどにより実パターンを想定してデザインルールチェックが行われている。このシミュレーションの正当性を検証するために、リソシミュレータで想定したパターン（シミュレーションパターン）と実パターンとの比較検討手段が必要とされている。

【0014】

さらに現在では、欠陥の正確な位置とサイズの情報を実パターンに反映させることにより、当該欠陥の前後プロセスへの影響を調べたり、回路設計上の技術を向上させることがますます重要になっている。

【0015】

以上のいずれの要請においても、ウェーハ全面観察が可能な、高速データ処理による自動化が必要とされている。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する本発明の概要は、以下のようなものである。

【0017】

まず、レシピと称される検査パラメータの組を設定する。そのパラメータとしては、検査対象とするサンプルの画像取得のステップ距離（画素間隔）と、 512×512 や 1024×1024 などの画素数がある。これらの値から、一度に処理すべき画像の画角距離を把握することができる。また、エッジ検出のためのパラメータと、欠陥を認識するためのパラメータとを設定する。

【0018】

実パターンと比較するデータとしては、たとえばGDS形式のCADレイアウトデータを使用可能で、レイアの融合や部品展開が行われる。これについて、前記検査パラメータの座標データに対応する部分にステージの誤差分を加えたエリアをクリッピングし、ハードディスクなどのマスストレージに予め蓄積する。このデータは、以降の処理に都合の良い形態で格納される（これを参照パターンとする）。

【0019】

参照パターンにCADパターン（設計データ）を使えば、実現したいパターンとの比較検査を行う欠陥検査になる。この場合は、許容パターン変形量として電気特性に影響しない許容量を設定する。この許容パターン変形量は、パターンの込み入っている場所とそうでない場合とで可変にすることも可能である。

【0020】

参照パターンにリソシミュレータの出力データを使えば、シミュレーションの正当性を検証しながらの欠陥検査が可能になる。この場合の許容パターン変形量は、シミュレーションとして許される誤差を設定する。

【0021】

検査対象の画像生成には、通常使用されているウェーハ欠陥検査装置を使用することができる。たとえば光学式ウェーハ表面検査装置を使用すれば、ダイのアライメントポイントを原点とする座標系で管理された画像信号が出力される。この画像信号を、前記検査パラメータで与えられたサイズの座標データにて編集すればよい。この他にも、CCD画像を出力する検査装置やSEM画像のようにあらかじめ画像として形成されたものも使用可能である。

【0022】

このようにして検査対象画像及びその中心位置を得ると、該中心位置に基づいて対応する参照パターンを呼び出し、両者のエッジ検出を行い比較する。

【0023】

エッジ検出としては次の2つの手法がある。

【0024】

1つは、パターンとその下地との間にあるコントラストを利用した手法である。この手法では多くの場合2値化処理でエッジを検出できるが、コントラストが比較的明瞭でない場合は明確にエッジを検出できない。このときにはたとえば、R.M.Haralick, "Digital step edges from ZERO crossing of second directional derivatives", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-6, No.1, pp.58-68, 1984 に開示の方法を応用するなどしてエッジを求めることができる。

【0025】

もう1つは、エッジのみが明るく、パターン内部と下地にコントラストがつかない場合に対処可能な手法で、たとえば"Cartan Steger. An unbiased detector of curvilinear structures. IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel 1., 20(2), February 1998"に開示の方法によりエッジを求めるものである。この方法によれば、エッジ部分の峰を画素単位の $1/10$ 程度の精度で得ることができる。ただし、この手法ではエッジの方向は $0 \sim 180$ 度の値のみをもつ、すなわちパターンの内部はどちらかということが不明になるので注意を要する。

【0026】

パターンと下地との間にコントラストがある画像を微分フィルタにかけて得られた振幅画像を使って、前記の方法でエッジを求めてもよい。この場合はパターン内部の判別をつけられ、エッジの方向を特定できる。

【0027】

これらの方法はある程度大きな窓を使った処理であるので、画素単位の $1/10$ 程度の精度が得られるだけでなく、エッジの方向も安定している。このことは、エッジを連結して直線近似をする必要が必ずしもないことを意味している。

【0028】

本発明によれば、検査箇所を撮像して得られた検査対象となる実パターンの検査対象画像データ（光学画像、電子線画像、フォーカスイオンビーム画像、プローブ顕微鏡画像など）から上記の手法により振幅情報をもつエッジ画素を抽出し、これを許容パターン変形量相当の画素数分膨張させて検査画像を生成するとともに、この検査画像に対応する参照パターンからエッジ部分を抽出し、そして、該参照パターンエッジ部分に存在する前記検査画像の輝度総和をマッチング評価値とすることを特徴としたパターン検査方法が提供される。あるいは、検査箇所を撮像して得られた検査対象画像データから振幅情報をもつエッジ画素を抽出して検査画像を生成するとともに、この検査画像に対応する参照パターンからエッジ部分を抽出し、これを許容パターン変形量相当の画素数分膨張させ、そして、該膨張させた参照パターンエッジ部分に存在する前記検査画像の輝度総和をマッチング評価値とすることを特徴としたパターン検査方法が提供される。

【0029】

このパターン検査方法において、各エッジ画素の方向を考慮して参照パターンに対応づけを行うようにすれば、パターン変形を把握することができる。すなわち、マッチングされた参照パターンについて方向及び振幅情報をもつエッジ点列を生成し、検査対象画像データから得られるエッジ画素の方向及び振幅情報に基づいて、前記参照パターンエッジ点列に対し、許容パターン変形量内の領域にある前記検査対象画像データのエッジ画素に対応づけることによりパターン変形を検出することができる。このときの対応づけに要した距離を統計的に集計すれば、パターン変形量の管理指標として利用することができる。

【0030】

そしてさらに、対応づけできなかった検査対象画像データのエッジ画素に基づき領域を再構成し、これを欠陥領域として認識する手法が可能である。これは、明確なエッジをもった欠陥検出に有効である。ただし、輪郭の不明瞭な欠陥検出に対しては弱いので、このような場合には、対応づけられた検査対象画像データのエッジ画素に基づき領域を構成し、その領域における画素輝度値の分布が非一様である部分を欠陥領域として認識する手法が適している。すなわち、輝度値分布の異常から欠陥を認識するものである。

【0031】

このようにして欠陥領域を認識すると、その欠陥領域として認識された欠陥画素を塊りとして幾何学的特徴量を得ることが可能で、これによれば、欠陥の形状的特徴を把握することができる。さらに、欠陥領域該当の画素輝度値から特徴量を求め、該特徴量により欠陥種を分析すれば、より質の高い自動不良解析をすることができる。これは、従来行われている光学方式、SEM方式のADCに準じた方法であるが、設計データを使う本発明の方法によれば、特徴量としてパターンとの相関関係を考慮した質の高い特徴量を使えるために、分類精度が向上する。

【0032】

従来、欠陥検査結果は、欠陥の座標値、サイズ、欠陥種を使った定性的な解析装置に入力されていた。しかし、上記本発明の検査で得られるこれらの欠陥情報及びパターン変形情報は、精度が高いためシミュレータなどへの入力として定量

的解析を可能にする。

【0033】

また、請求項3のパターン変形検出手法によれば、検査用に取得する画像の傾斜、倍率を調整することができる。すなわち、調整に適した部位の検査画像及び参照パターンを取得し、その検査画像について、アフィン変換により傾斜、倍率を変えた候補を生成する。そして、その各候補に対し、請求項3のパターン変形検出手法を実施して比較することにより、最もパターン変形量の小さい候補画像を選び、その傾斜、倍率を補正量として登録する。

【0034】

さらに、上記本発明の検査方法により得られるパターンの変形量（請求項3）、欠陥領域の位置、サイズ、欠陥種（請求項4～7）、加えてパターン変形量の統計量や画像などの情報を利用すれば、欠陥領域の回路への影響度の解析、前後工程での回路への影響度の解析、露光条件などの最適化パラメータの解析を可能にすることができる。

【0035】

【発明の実施の形態】

図1に、検査用パラメータの組であるレシピの作成ブロック図と、各サンプルの検査ブロック図とを示している。

【0036】

基幹データベースは、検査対象サンプルに対する設計データ（CADデータ）、シミュレーションデータを格納したデータベースである。検査対象サンプルの品種、プロセス、検査モードを指定するパラメータ、検査箇所、画像画角、画素数、及び、検査対象サンプルの配線パターン幅、画質から経験的に決められるエッジ検出パラメータが、オペレータにより参照パターン生成部に入力されると、品種、プロセス、検査モードをキーとして基幹データベースからデータが得られ、そして検査条件に従い線分のクリッピング処理などが行われて参照パターンが生成される。たとえばCADの参照パターンは、1ダイ中の各検査箇所に対してそれぞれ検査順に発生され、画像中心のアライメントポイントを原点とした座標系での位置、CADエッジ点列座標、CADエッジ画像からなっており、レシピ

データベース格納部に出力される。

【0037】

レシピデータベース格納部は、画像中心のアライメントポイントを原点とした座標系での位置、CADエッジ点列座標、CADエッジ画像、及び画像画角、画素数、エッジ検出パラメータからなるデータを格納したものとなる。これらのデータは、検査用パラメータの組であるレシピと呼ばれ、品種、プロセス、検査モードをキーにして管理される。

【0038】

検査開始にあたってオペレータは、レシピ指定するための品種、プロセス、検査モードと、ウェーハを特定するためのスロット番号とを検査部に入力する。これに従い検査部は、その入力に基づいてレシピデータベース格納部から検査パラメータの組であるレシピを取得する。そして画像生成部に対し、検査に必要な画像取得方法を指示する。これに応じて画像生成部で検査対象画像データが取られると、画像と画像の中心位置とが検査部に出力される。

【0039】

検査部は、得られた検査対象画像データと参照パターンとを実時間で照合して、パターン変形量情報の計算、欠陥検出を遂行する。パターン変形量情報は、照合の後に出力部に出力される。また照合時に欠陥が検出されれば、欠陥位置・サイズ情報及び画像が欠陥種認識部に出力される。

【0040】

画像生成部は、光学式ウェーハ表面検査装置に準じたものであり、ダイのアライメントポイントを原点とした座標系で管理された画像信号を出力する。この画像信号は、与えられたサイズの座標データとして編集される。あるいはこれに限らず、CCD画像やSEM画像のようにあらかじめ画像として形成されたものを出力する装置でもよい。

【0041】

欠陥種認識部は、与えられた画像から特徴量を求めて、欠陥種参照画像データベースに蓄積された画像の特徴量と照合し、欠陥種を判定する。この結果は、出力部に出力される。欠陥種参照画像データベースは、既に取得された画像を欠陥

種ごとに登録したものである。

【0042】

出力部は、パターン変形量情報、欠陥情報（欠陥位置、サイズ、欠陥種、画像）をCRT、プリンタ、画像データベース、シミュレータなどの出力形式に変換して出力する。

【0043】

レシピ作成は、具体的に下記手順で行われる。

【0044】

（1）オペレータの入力により、検査対象サンプルの品種、プロセス、検査モードを指定するパラメータ、検査箇所、画像画角、画素数、及び、検査対象サンプルの配線パターン幅、画質から経験的に決められるエッジ検出パラメータを得る。

【0045】

（2）品種、プロセスをキーとして基幹データベースを検索し、参照パターン生成部に該当の設計データをダウンロードする。

【0046】

（3）設計データに対しレイヤのマージ、部品展開などを施して、検査サンプルから得られる画像に相当する線分データを生成する。

【0047】

（4）入力された検査箇所につき、生成される検査サンプルの画像の画角単位（画像生成部の撮像視野）で分割して、たとえば、図2のように順次検査を行う。検査箇所は通常、長方形の和として決定される。すなわち検査箇所は、ウェーハ全面を単位として設定されるのではなく、長方形で囲まれた複数のエリア（図示のように上側の短い長方形と下側の長い長方形など）として設定されるので、そのエリアを高速検査するために、画角単位の順次走査を実施する。

【0048】

（5）（4）の分割領域ごとに、検査サンプルの画像の画角＋ステージ誤差分の大きさをもった領域についてダウンロードした設計データをクリッピングし、参照パターンを作成する。画像のパターン内部を確認できるようにする場合は、生

成される線分に対し、パターン内部を右手に見るように方向付けを行う。

【0049】

(6) (5) による設計データのクリッピング線分を、請求項1、2及び請求項3の検査方法用の形式に変換する。

【0050】

(7) (6) で得られたデータを画像の中心座標で管理できるようにし、レシピデータベース格納部に登録する。

【0051】

(8) 画像画角、画素数、エッジ検出パラメータもレシピデータベース格納部に登録する。登録時には、品種、プロセス、検査モードがキーになる。

【0052】

検査は、下記手順で行われる。

【0053】

(1) オペレータから品種、プロセス、検査モード、スロット番号の入力を得る。

【0054】

(2) ウェーハ搬送、アライメント、光学系の調整を画像生成部に指示する。

【0055】

(3) 検査順序、画角、画像サイズを画像生成部に指示する。

【0056】

(4) 画像生成部にダイごとに画角単位で画像を出力させる。

【0057】

(5) 画像生成部から得られた検査画像の位置に対応した参照パターンを取得する。

【0058】

(6) 画像生成部から得られた検査画像と参照パターンを照合する。

【0059】

(7) パターン変形量計算、欠陥検出を行う。

【0060】

(8) パターン変形量を出力部に出力する。

【0061】

(9) 欠陥が検出された場合は欠陥種分類部に情報を出力する。

【0062】

(10) 欠陥種分類部が欠陥種参照画像データベースを使って欠陥種を判定する。

【0063】

(11) 欠陥情報を出力部に出力する。

【0064】

(12) 出力部は、パターン変形量情報、欠陥情報をCRT、プリンタ、画像データベース、シミュレータなどの出力形式に変換して出力する。

【0065】

パターン変形量情報としては、パターン変形量の平均、標準偏差、最大・最小値、パターンとしての面積比など種々の形式が考えられる。

【0066】

上記検査手順(6)の照合(請求項1, 2の高速マッチング)は、具体的に下記手順で実行される。

【0067】

(1) 検査対象画像データからピクセル単位でエッジの振幅画像を得る。そして、請求項1の高速マッチングの場合はこの画像を、電気特性的に許される許容パターン変形量分膨張させる(図3)。許容パターン変形量分膨張させることにより、電氣的に許容される範囲内での形状差は不良と認識されなくなる。

【0068】

(2) マッチング用の参照パターンを入力する。これは、図4のように設計データ(CAD)のクリッピング線分を画像にした場合の画像位置情報(エッジ)である。クリッピング線分の本数が多い場合は、マッチングに影響がない程度に間引いて高速化を図ることも可能である。請求項2の高速マッチングの場合は、こちらを膨張させることになる。

【0069】

(3) (2) の画像位置情報に対応する (1) の画素輝度値の総和を計算する。このとき、(2) を画像情報ではなく、画像データの原点からのオフセット量として使用すれば、当該加算計算を高速に実行できる。

【0070】

(4) (3) の画素輝度値総和を評価関数として残差逐次検定法 (SSDA: Sequential Similarity detection algorithm) に準じた高速マッチング検出を行う。残差逐次検定法は画素輝度値の差の絶対値の総和を使うのに対して、本例では画素輝度値の総和を使う点が異なっている。

【0071】

上記検査手順 (7) のパターン変形量計算、欠陥検出 (請求項 3 のパターン変形検出) は、具体的に下記手順で実行される。

【0072】

(1) 上記検査手順 (6) でマッチング判断された画素について、検査対象画像データからエッジの方向情報 (矢示) 付き振幅画像を得る (図 5)。振幅は、レシピ内のエッジ検出パラメーターつ (しきい値) で有無の判断を付けることで 2 値化画像とすることができる。エッジの位置としては、画素内のサブピクセル単位で計算された値が記憶される。方向については、たとえば右方向を 0 度として 0 ~ 360 度の値として決定される。

【0073】

(2) パターン変形検出用の参照パターンを設定する。これは、図 6 のようにクリッピング線分を画像にした場合の方向情報付き 2 値化画像である。これらの画素の位置もサブピクセル単位で記憶されている。

【0074】

(3) (2) のエッジ有りの各画素について、許容パターン変形量の距離内にある (1) のエッジ有りの画素を探す。そして、検出された画素の中で (2) のエッジ有りの画素に対し方向が所定角度以下のものを、許容変形内の画素として対応づける。

【0075】

図 7 に、図 5 の検査画像と図 6 の参照パターンとの対応づけを行った例を示す

。画素Aは、距離が許容パターン変形量の距離より遠いので対応づけられない。
画素Bは、許容パターン変形量の距離内にあるが、方向が所定角度を超えて異なるので対応づけられない。このように、対応づけに用いた距離が、パターン変形量として管理すべき量として集計される。この値はサブピクセル精度で得られる。
画素Cは(2)の画素であって(1)の画素と対応づけられなかった画素である。

【0076】

(4) 上記の例はパターンの内側か外側かを区別しない方法で、方向が0～180度の値のみをもつ場合であるが、パターン内外を区別する手法とすることも可能である。たとえば、エッジ方向はパターン内側を必ず右手におくように決定しておけば、(2)は図8のようになり、対応づけをより厳密に実行することができる。

【0077】

上記検査手順(9)以降のための欠陥領域抽出(請求項4)は、下記手順で実行される。

【0078】

(1) 図7の画素A, B, Cは異常なエッジであり欠陥として認識される。

【0079】

(2) これらの異常画素A, B, Cを膨張させ、画素どうしを連結する。このようなビットマップ(2値化画像)を膨張させる処理にはモフォロジーと呼ばれる処理がある。

【0080】

(3) ラベリング処理で(2)を一塊りの領域としてそれぞれ認識する。

【0081】

(4) この一塊りの領域として分離できた単位で異物とし、その外形を認識する。

【0082】

(5) 外形から内側の画素をペイント処理で塗りつぶす。

【0083】

(6) これらの画素を欠陥として、欠陥の重心、大きさを計算する。

【0084】

また、請求項5に係る欠陥領域抽出は、下記手順で実行される。

【0085】

(1) 上記請求項3に係るパターン変形量計算、欠陥検出手順で対応づけられた画像から得られるエッジを連結して領域とする。

【0086】

(2) その内外領域でそれぞれ、境界（エッジ）を除いた部分を画素の塊りとして求める。

【0087】

(3) (2) の内外領域について、最初に得られた画像から画素輝度値を求める。

【0088】

(4) これらの値は欠陥が無ければ正規分布をなすことが期待できる。

【0089】

すなわち、品質管理的手法を応用して欠陥画素を検出することが可能である。正常な場合は、図9の内領域と外領域のそれぞれにおいて輝度の変動が少ないはずである。対応づけのない箇所は、レシピに格納された許容パターン変形量の距離に相応する画素数分だけ離れたエッジ近傍が境界部分と見なされる。

【0090】

(5) 得られた欠陥画素を塊りとして認識し、重心、大きさを計算する。

【0091】

上記検査手順(9)～(10)の欠陥種自動分類(請求項6, 7)は、具体的に下記手順で実行される。

【0092】

(1) 欠陥と認識された画素の塊りの幾何学的特徴量を得る。これにより、まるい、細長いなど欠陥の形状的特徴を把握することができ、まるければ異物、細長ければ傷などと判断をつけることができる。

【0093】

(2) 欠陥と認識された画素をパターンの内側、外側、境界の3部分に区分する。

【0094】

(3) これらの各部分ごとに、最初に得られた検査対象画像データの画素輝度値を使った特徴量を得る。ここで得られる特徴量により、たとえば幾何学的特徴量から異物と判断される場合に、その異物が金属片であるか有機物（たとえば人間のあか）であるかなどの判断をつけることができる。すなわち、異物が金属であれば反射が強いため明るく、有機物であれば暗いということで種類を判別することができる。また、パターンの内部にあって異物と認識された画素の輝度の変動が大きい場合は、当該異物がパターンの上に存在している可能性が高いと判断され、逆に、輝度の変動が小さい場合は、当該異物がパターンの下に存在している可能性が高いと判断される。これは、従来のダイダイ・ツー・ダイ法では困難な処理である。

【0095】

(4) これらの特徴量を使い、良く知られた分類法で欠陥種を判定する。その分類法としては、欠陥種参照画像データベースとの比較をk最短距離法で行って判別する手法が有効である。

【0096】

以上の検査方法においては、検査手順(7)のパターン変形量の手法を利用し、必要に応じ、検査前に、もしくは、検査中の適当な時点で、画像の傾斜、倍率調整を行うことができる。この場合は下記手順による。

【0097】

(1) 調整に適した部分の画像と参照パターンを取得する。

【0098】

(2) アフィン変換で、候補となり得る傾斜、倍率の変更を行ったいくつかの画像を得る。

【0099】

(3) (2) で作成された画像と参照パターンとを比較して最もパターン変形量が小さい画像を選ぶ。

【0100】

(4) (3) で得られた画像に対する傾斜、倍率を補正量として登録する。

【0101】

以上、本発明の一例を説明したが、他にも各種の変形が可能である。たとえば、取得済みの画像データを磁気光学ディスクや磁気テープなどの外部入力デバイスを介して、またはイーサネットなどのLANを経由した、オフライン入力処理式に変形することは容易である。また、本発明の方法でウェーハ中の代表的なダイを検査したのち、他のダイはダイ・ツー・ダイ比較により検査するような混成手法とすることも可能である。さらに、逐次処理ではなく、任意の位置から得た任意の大きさの画像を処理するランダム式に変形することもできる。またさらに、画像生成法は他の方法でもよいし、設計データはCADに限らず他のものでもよい。

【0102】

【発明の効果】

本発明によれば、検査部位の画像と設計データとの比較を実時間で行え、光学系に起因する画像の歪み、傾斜、倍率の変動に強く、疑似欠陥を検出することの少ない精度の高い情報が得られる。すなわち、従来のダイ・ツー・ダイ比較法やダイ・ツー・データベース比較法では得られない安定したした欠陥検出が可能である。さらに、許容パターン変形量を考慮したOPC検証を実現することができ、得られた正確な欠陥座標、欠陥種がシミュレータの入力として重要な解析情報を提供する。本発明は、これまでの定性的な情報から定量的な情報へ質的変革を実現するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

分図(a)はレシピ作成手順を説明するためのブロック図、分図(b)は検査手順を説明するためのブロック図。

【図2】

検査箇所の走査順序につき示した説明図。

【図3】

検査画像生成手法につき示した説明図。

【図 4】

参照パターン生成手法につき示した説明図。

【図 5】

方向及び振幅情報をもった検査用の画像生成手法を示した説明図。

【図 6】

方向及び振幅情報をもった参照パターン生成手法を示した説明図。

【図 7】

欠陥領域抽出のための対応づけについて示した説明図。

【図 8】

方向情報の付与手法の他の例を示した説明図。

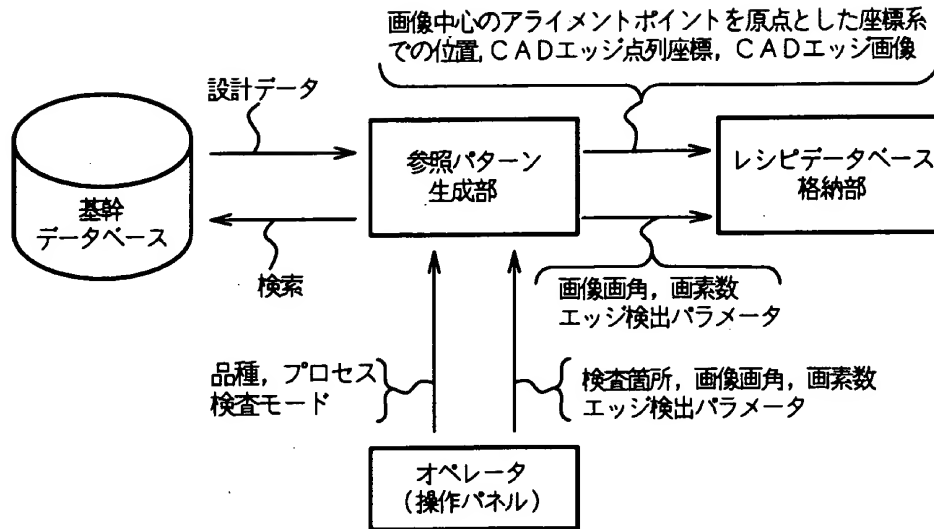
【図 9】

欠陥領域抽出の他の手法を示した説明図。

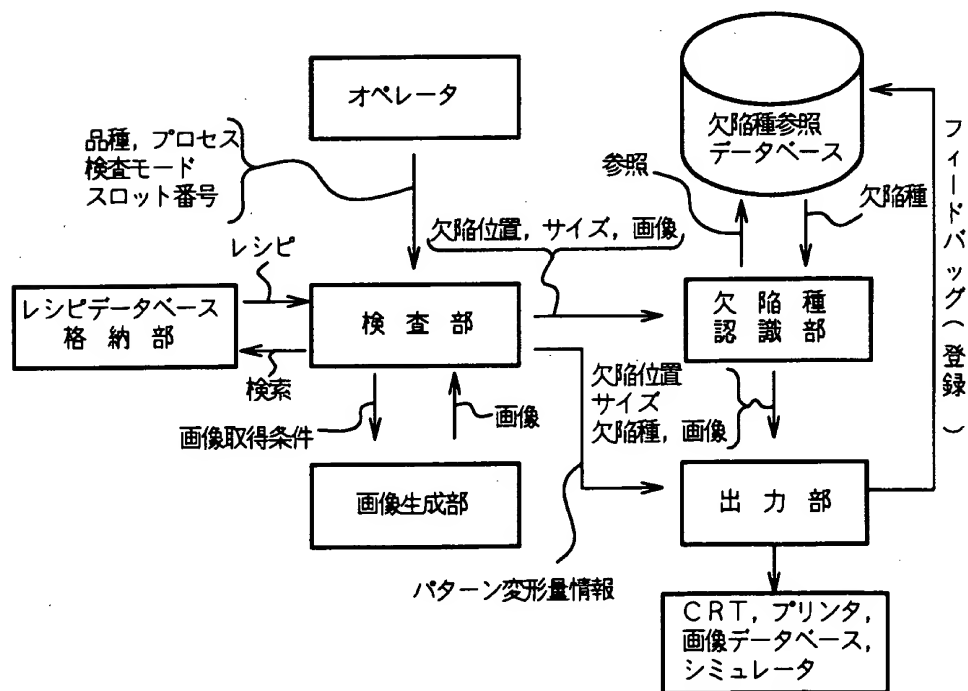
【書類名】 図面

【図1】

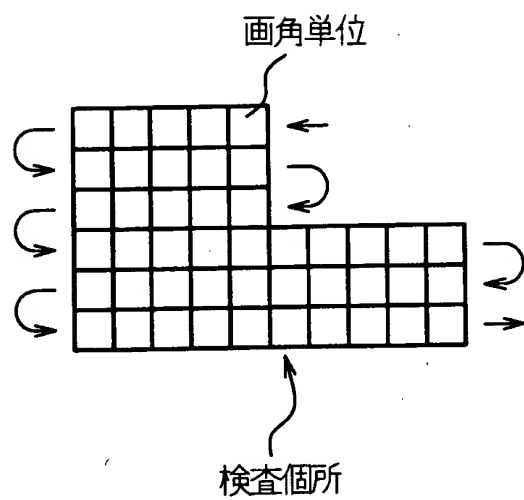
(a)



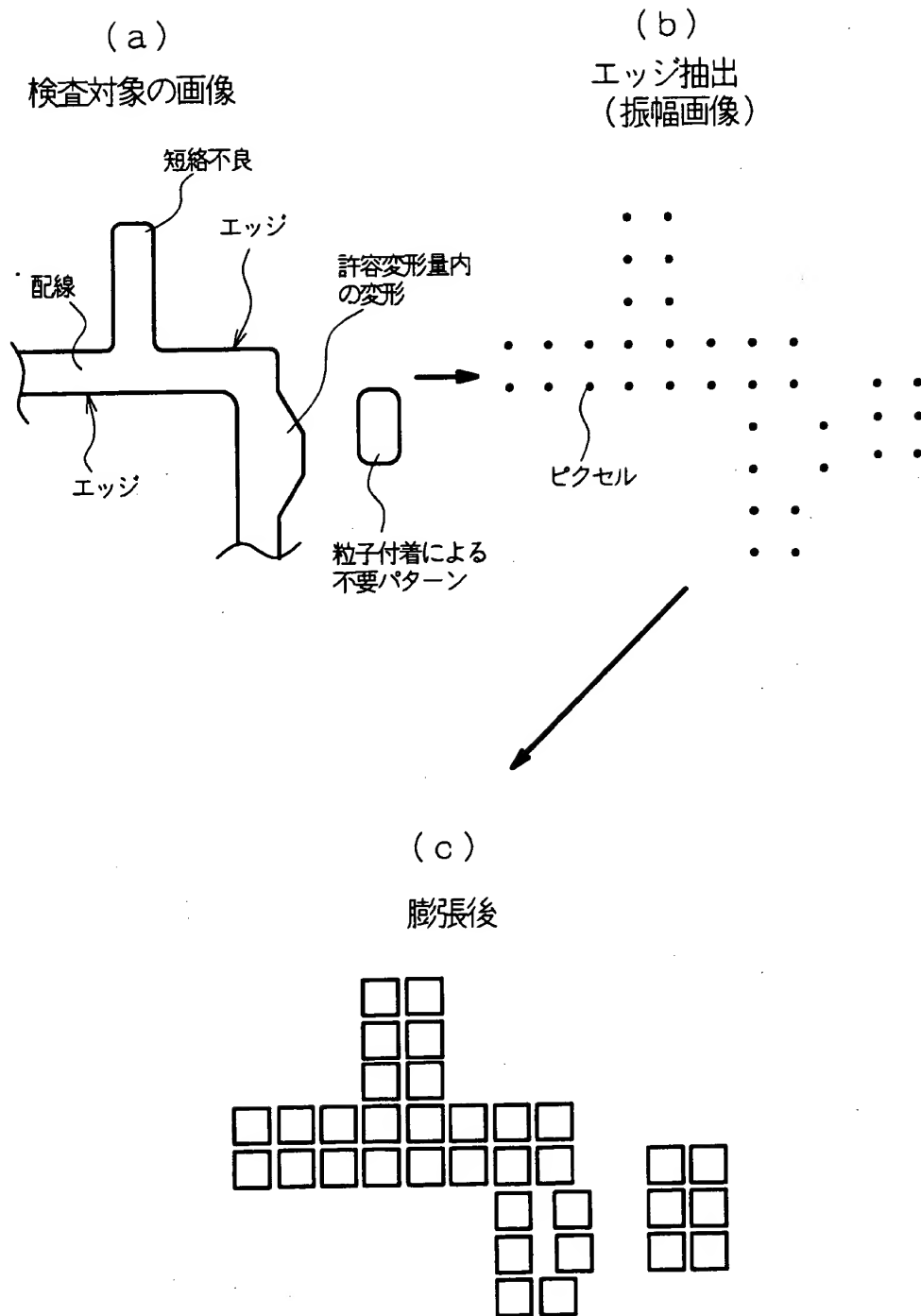
(b)



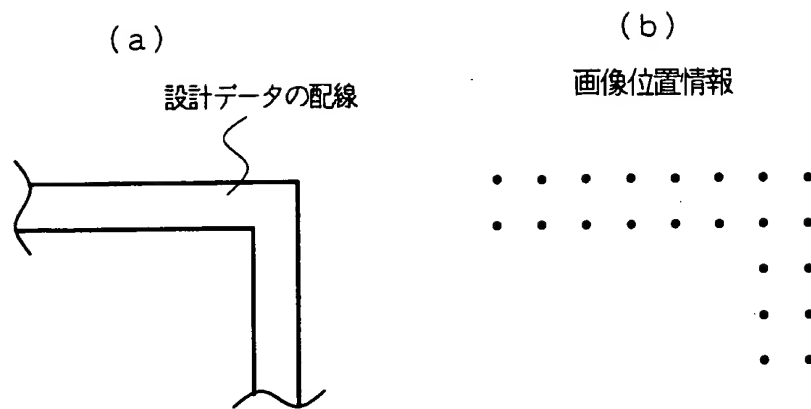
【図2】



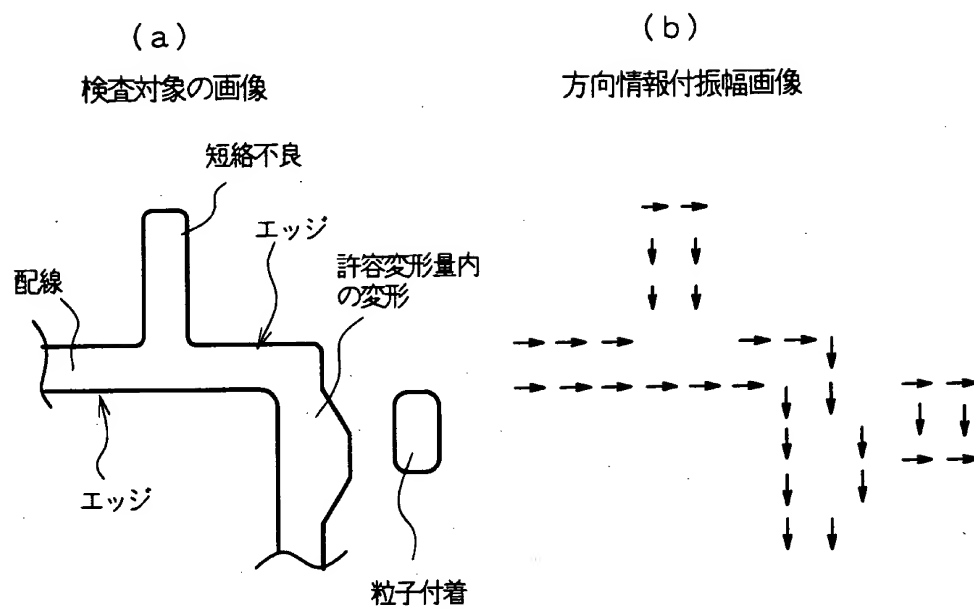
【図3】



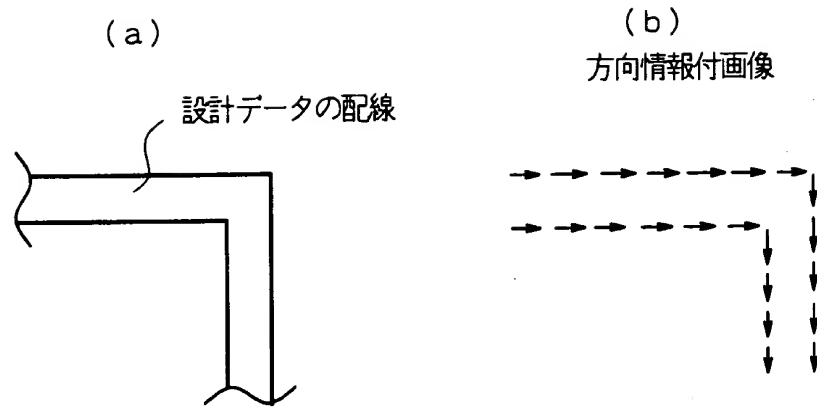
【図4】



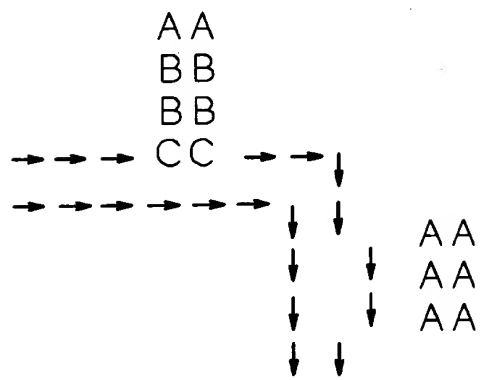
【図5】



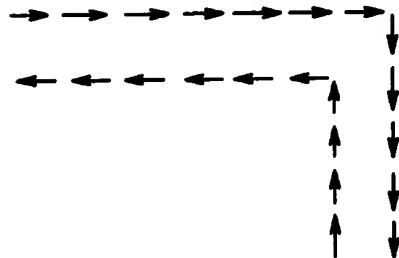
【図6】



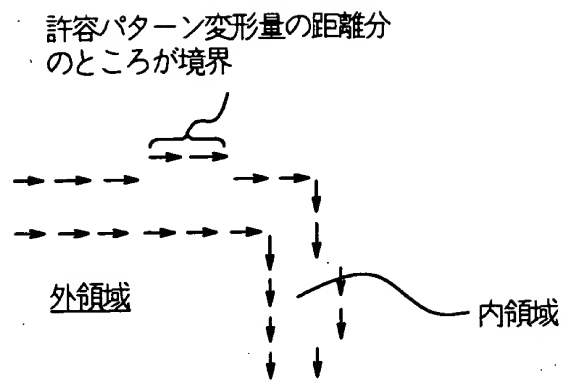
【図7】



【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 検査部位の画像と設計データとの比較を実時間で行え、光学系に起因する画像の歪み、傾斜、倍率の変動に強く疑似欠陥を検出することの少ない高精度の情報が得られる検査方法を提供する。

【解決手段】 検査対象画像データからピクセル単位でエッジの振幅画像を取得し、この画像を許容パターン変形量分膨張させる（図 c）。変形量分膨張させることにより、電気特性的に許容される範囲内での形状差は不良と認識されなくなる。マッチング用の参照パターンは、設計データ（CAD）のクリッピング線分を画像にした場合の画像位置情報（エッジ）とする。この画像位置情報に対応する、上記検査対象画像の画素輝度値総和を計算する。この画素輝度値総和を評価関数として残差逐次検定法（SSDA）に準じた高速マッチング検出を行う。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [599120691]

1. 変更年月日 1999年 8月26日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市宮前区土橋4-11-4 パークヒルズ鷺宮3
04

氏 名 山本 昌宏